

This Page Is Inserted by IFW Operations  
and is not a part of the Official Record

## **BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images may include (but are not limited to):

- BLACK BORDERS
- TEXT CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- FADED TEXT
- ILLEGIBLE TEXT
- SKEWED/SLANTED IMAGES
- COLORED PHOTOS
- BLACK OR VERY BLACK AND WHITE DARK PHOTOS
- GRAY SCALE DOCUMENTS

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning documents *will not* correct images,  
please do not report the images to the  
Image Problem Mailbox.**

PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

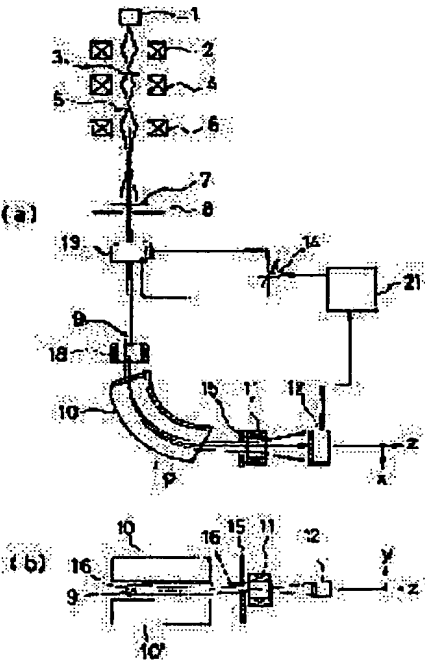
(11)Publication number : 07-021967  
(43)Date of publication of application : 24.01.1995

(51)Int.Cl. H01J 37/26  
G01T 7/00  
H01J 37/147

(21)Application number : 05-165720 (71)Applicant : HITACHI LTD  
(22)Date of filing : 05.07.1993 (72)Inventor : TAYA TOSHIMICHI  
HASHIMOTO TAKAHITO

(54) ELECTRONIC ENERGY LOSS SIMULTANEOUS DETECTOR

(57)Abstract:  
PURPOSE: To make the setting position of a damper to prevent the damage on a detector owing to the radiation of electron beam, at an optimum position, in an electronic energy loss simultaneous detector.  
CONSTITUTION: In an electronic energy loss simultaneous detector composed of a permeation electron microscope, a magnetic field quadruple lens 18 for focus, a fragment magnetic field 10, a magnetic field quadruple lens 11 for distribution zoom, and a plane detector 12, a deflector 13 to deflect in the vertical direction to the distribution direction is provided at the front side of the magnetic field quadruple lens 18 for focus. Furthermore, a slit 15 to remove the deflected electron is provided near the magnetic field quadruple lens 11 for distribution zoom. By separating the deflector 13 far from the plane detector 12, the deflecting field can be moderated. As a result, a disturbance to the detector by the deflecting field, or a noise by the scattered electrons can be reduced. And the design can be made compact, and the assembly and the maintenance can be made easily.



LEGAL STATUS

[Date of request for examination] 14.08.1996  
[Date of sending the examiner's decision of rejection]  
[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]  
[Date of final disposal for application]  
[Patent number] 2887362  
[Date of registration] 19.02.1999  
[Number of appeal against examiner's decision of rejection]  
[Date of requesting appeal against examiner's decision of rejection]  
[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2000 Japanese Patent Office

(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 許出願公開番号

特開平7-21967

(43) 公開日 平成7年(1995)1月24日

(51) IntCl <sup>°</sup>	識別記号	庁内整理番号	F I	技術表示箇所
H 0 1 J 37/26				
G 0 1 T 7/00	A	8908-2G		
H 0 1 J 37/147	A			

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 6 頁)

(21) 出願番号 特願平5-165720

(22) 出願日 平成5年(1993)7月5日

(71) 出願人 000005108

株式会社日立製作所

東京都千代田区神田駿河台四丁目6番地

(72) 発明者 田谷 俊陸

茨城県勝田市市毛882番地 株式会社日立  
製作所計測機事業部内

(72) 発明者 橋本 隆仁

茨城県勝田市市毛882番地 株式会社日立  
製作所計測機事業部内

(74) 代理人 弁理士 平木 祐輔

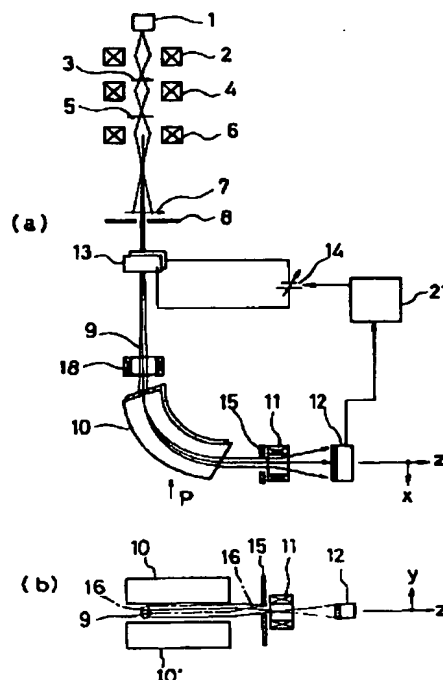
(54) 【発明の名称】 電子エネルギー損失同時検知器

(57) 【要約】

【目的】 電子エネルギー損失同時検知器において、電子の照射による検知器の破損を防止するための減衰器の設置位置を最適化する。

【構成】 透過電子顕微鏡とフォーカス用磁場4重極レンズ18と扇形磁場10と分散ズーム用磁場4重極レンズ11と平面検知器12の構成による電子エネルギー損失同時検知器において、フォーカス用磁場4重極レンズ18の前に分散方向に対して垂直方向に偏向する偏向器13を設置し、分散ズーム用磁場4重極レンズ11の近傍に偏向された電子を除去するスリット15を配置する。

【効果】 偏向器を平面検知器から遠ざけることにより、偏向場を弱くできる。そのために偏向場による検知器への外乱や散乱電子によるノイズが低減できる。また装置がコンパクトに設計でき、組立や保守が容易になる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項1】 試料を透過した電子ビームの一部を透過させる絞りと、絞りを透過した電子のエネルギー損失を分析する扇形電磁石と、扇形電磁石の形成する磁場によって分散された電子ビームを同時に検知する平面検知器とを備え、前記絞りと扇形電磁石の間に、扇形電磁石による電子ビームの偏向方向とほぼ垂直な方向に電子ビームを電場によって偏向する偏向板を設置したことを特徴とする電子エネルギー損失同時検知器。

【請求項2】 偏向板と扇形電磁石の間に第1の磁場4重極レンズを設置し、扇形電磁石と平面検知器の間に第2の磁場4重極レンズを設置したことを特徴とする請求項1記載の電子エネルギー損失同時検知器。

【請求項3】 第2の磁場4重極レンズの近傍に、扇形電磁石による分散方向に垂直な方向のビーム拡がり制限するスリットを設置したことを特徴とする請求項2記載の電子エネルギー損失同時検知器。

【請求項4】 偏向板に接続された偏向電場用電源と平面検知器とを制御系で結び、エネルギー損失スペクトルを測定しないときは、偏向板に直流の偏向電圧を印加して電子ビームが平面検知器に到達しないようにすることを特徴とする請求項1、2又は3記載の電子エネルギー損失同時検知器。

【請求項5】 試料を透過した電子ビームの一部を透過させる絞りと、絞りを透過した電子のエネルギー損失を分析する扇形電磁石と、扇形電磁石の形成する磁場によって分散された電子ビームを同時に検知する平面検知器とを備え、前記絞りと扇形電磁石の間に、扇形電磁石による電子ビームの偏向方向とほぼ垂直な方向に電子ビームを磁場によって偏向する偏向コイルを設置したことを特徴とする電子エネルギー損失同時検知器。

【請求項6】 偏向コイルと扇形電磁石のあいだに第1の磁場4重極レンズを設置し、扇形電磁石と平面検知器のあいだに第2の磁場4重極レンズを設置したことを特徴とする請求項5記載の電子エネルギー損失同時検知器。

【請求項7】 第2の磁場4重極レンズの近傍に、扇形電磁石による分散方向に垂直な方向のビーム拡がり制限するスリットを設置したことを特徴とする請求項6記載の電子エネルギー損失同時検知器。

【請求項8】 偏向コイルに接続された偏向磁場用電源と平面検知器を制御系で結び、エネルギー損失スペクトルを測定しないときは、偏向コイルに直流の偏向電流を流して電子ビームが平面検知器に到達しないようにすることを特徴とする請求項5、6又は7記載の電子エネルギー損失同時検知器。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【産業上の利用分野】本発明は、透過電子顕微鏡において試料の微小部の観察と元素分析を行う分析電子顕微鏡

の技術に関する。特に、試料を透過した電子のエネルギーの損失を電磁石で分析して平面検知器で同時に計測する電子エネルギー損失同時検知器に関する。

## 【0002】

【従来の技術】最近の電子エネルギー損失検知器には、電子を光に変換する蛍光体素子が使われている。この素子に高エネルギーの電子ビームを当て続けると素子の性能が劣化する。また透過電子のうちエネルギー損失の少ないゼロロスピークと損失の多いコアロスピークでは強度が著しく異なるので、蛍光体素子だけでは光変換のダイナミックレンジが不十分であり、ゼロロスピークの強すぎる強度を何らかの方法で減衰する必要がある。

【0003】このような必要性から、電子ビームを交流電場で平面検知器の外に偏向する減衰器（アテネター）が米国特許第4831255号明細書及び特開平1-297585号公報で提案されている。この減衰器は、扇形電磁石と平面検知器の間に電子ビームを交流の電場あるいは磁場で偏向させて電子の強度を減衰させるものである。

【0004】この従来の方式に基づいた電子エネルギー損失同時検知器における減衰器の配置を図8に示す。図8(a)は正面図、図8(b)はそのP視図である。透過電子顕微鏡の構成要素である電子源1によって加速された電子ビームは集束レンズ2によって絞られ、薄い試料3を透過する。試料3の原子分子と非弾性衝突をした透過電子は、対物レンズ4と結像レンズ6によって拡大され、蛍光板7に結像される。この蛍光板7を取り除くとき、絞り8を通過した電子ビーム9は、扇形電磁石10による磁場でエネルギー分散を受け、磁場4重極レンズ系11で分散がズームされ、平面検知器12で同時に計測される。磁場4重極レンズ系11と平面検知器12の間には交流電源14に接続された偏向板13が設置されており、強度の大きなゼロロス近くの電子ビームは、平面検知器12の前で、偏向板13により印加される交流電界によって分散方向(x方向)に対して垂直な方向(y方向)に偏向され減衰される。

## 【0005】

【発明が解決しようとする課題】この従来方式には次のような問題がある。

(1) 減衰器を平面検知器のすぐ前に配置して電子ビームを偏向させると、その間の距離を大きく取れないので偏向の場を強くする必要があり、減衰器の作動に伴う副作用が発生する。具体的には、交流電場の影響により放電が発生したり、交流ノイズが発生して、電子エネルギースペクトルのCRT表示画面が揺れる現象が起こる。

(2) コイルによる磁場を用いる偏向の場合は、電子ビームが分散ズーム用の磁場4重極レンズによって分散方向に拡がっており、コイル間のギャップが小さくできないので広い範囲に磁場を均一に発生させなければならず、測定系への交流磁場による悪影響が避けられない。

(3) 扇形電磁石と平面検知器の間には分散ズーム磁場4重極レンズなどが設置されていて狭いので、そのなかに偏向器を設置すると組立てや保守作業がやりにくくなる。

(4) 平面検知器の正面近くで強い電子ビームを交流場で偏向すると、散乱電子ビームが検知器に飛来してノイズ信号となり、検知スペクトルのS/N比が低下する。

#### 【0006】

【課題を解決するための手段】本発明では、偏向器の設置位置及び偏向器によって偏向されない電子ビームのみを通すスリットの設置位置を最適化することにより上記の問題を解決する。すなわち、減衰器としての偏向器を扇形電磁石の手前に設置する。実用的には、扇形電磁石に入射させる試料透過電子ビームを制限して試料の分析部分を選択する絞りの後が望ましい。さらに、扇形電磁石と平面検知器の間に設置される分散ズーム用4重極レンズの近傍に扇形磁場の分散方向(x方向)に垂直な方向(y方向)の電子ビームの拡がりを制限するスリットを設置する。電子ビームは分散ズーム用4重極レンズの近傍でy方向に収束されていて、偏向されたビームを除去しやすいからである。

【0007】偏向器は、偏向板による電場で電子ビームを偏向するタイプのものでも、コイルで発生する磁場で電子ビームを偏向するタイプのものでもよい。なお、扇形電磁石の前にフォーカス用磁場4重極レンズを設置してもよく、このように扇形電磁石の前後にそれぞれ1個ずつの磁場4重極レンズを配置することによって、本出願人の別途出願明細書に詳細に記載したように、従来のように複数の4重極レンズを扇形電磁石の後に設置するよりも大きな分散率でズームできる効果が奏せられる。

#### 【0008】

【作用】電子エネルギー損失スペクトルを測定しない場合は、扇形磁場の手前に設置された偏向器に偏向電圧を印加して、エネルギー分散方向に垂直な方向に電子ビームを偏向し、分散ズーム用4重極レンズの近傍に設置されたスリットを通らないようにする。電子エネルギー損失スペクトルを測定する場合は、偏向器に偏向電圧を印加せずに電子ビームがスリットを通過するようにし、スリットを通過した電子ビームを平面検知器で積算する。

【0009】電子エネルギー損失スペクトルを測定する場合で電子ビームの強度が強すぎる場合は、平面検知器に流れる電子電流を検知して偏向器用電源に交流電圧を印加させることにより、電子ビームをy方向に振って平面検知器に到達する電子の量を減衰することもできる。\*

$$\text{電子の運動エネルギー} \quad eU = 0.5mv^2 \quad (1)$$

$$\text{遠心力と偏向力の釣り合い} \quad mv^2/R = eV/G \quad (2)$$

$$\text{偏向角} \quad \tan \theta = f/2R \quad (3)$$

これらの式を用いると、平面検知器での偏向距離yは次式で与えられる。

$$y = L \tan \theta = L f V / (4UG) \quad (4)$$

#### \*【0010】

【実施例】以下、本発明を実施例により説明する。

【実施例1】本発明による電子エネルギー損失同時検知器における偏向電場の配置を図1に示す。図1(a)は正面図、図1(b)はそのP視図である。

【0011】従来例との相違点は、減衰器としての偏向板13を扇形磁場10の手前、実用的には絞り8の後に設置し、さらに扇形磁場の分散方向に垂直なy方向の拡がりを制限するスリット15を分散ズーム用4重極レンズ(Q2レンズ)11の近傍に設置した点である。スリット15を分散ズーム用4重極レンズ11の近傍に設置するのは、電子ビームはそこでy方向に収束されていて、偏向されたビームを除去しやすいからである。偏向板13と扇形電磁石10の間には、フォーカス用の磁場4重極レンズ(Q1レンズ)18が配置されている。

【0012】電子エネルギー損失スペクトルを測定しない場合は、扇形電磁石10の手前に設置された偏向器13に偏向電圧を印加する。すると、電子ビーム9はエネルギー分散方向に垂直なy方向に偏向され、スリット15を通過することができない。電子エネルギー損失スペクトルを測定する場合は、偏向器13に偏向電圧を印加しない。この時、電子ビーム9はy方向に偏向されることがないのでスリット15を通過する。スリット15を通過した電子ビーム9は平面検知器12で積算される。

【0013】電子エネルギー損失スペクトルを測定する場合で電子ビーム9の強度が強すぎる場合は、平面検知器12に流れる電子電流を検知し、偏向制御系21の指令で偏向電場用電源14の交流電圧を偏向板13に印加し、電子ビーム9をy方向に振って平面検知器に到達する電子の量を減衰する。図2に従来技術と本実施例の偏向電場の位置による偏向効果の比較を示す。図2(a)は従来技術による場合を示し、図2(b)は本実施例による場合を示す。図示したように、従来技術の場合の偏向電場13から平面検知器までの距離をLaとし、本実施例の場合の偏向電場13から平面検知器までの距離をLbとすると、LbはLaより5倍以上長くなる。

【0014】図3により、偏向電場による電子の偏向距離について説明する。偏向電場を平行平板電極により発生する場合、電子の加速電圧をU、電荷をe、質量をm、速度をvとし、偏向電極の印加電圧を±V、電極の長さをf、電極間のギャップを2G、電極内の電子の偏向による軌道半径をRとすると、近似的に次の関係式が成立する。

#### 【0015】

すなわち偏向距離は偏向電場13から平面検知器までの距離Lと偏向電圧Vに比例するので、本実施例の配置を採用すると、従来技術と同じ偏向距離を得るには1/5

の偏向電圧ですむ。

【0016】また、本実施例においては、扇形電磁石10の入射側にフォーカス用のQ1レンズ18を配置し、扇形電磁石10の出射側に分散ズーム用のQ2レンズ11を配置する構成を採用している。このQ1レンズ及びQ2レンズの配置は本発明者らの提案に係るものであり、その詳細は別の出願において説明したが、例えば米国特許第4743756号明細書に記載されているような少なくとも3個の磁場4重極レンズQ1、Q2、Q3を扇形電磁石10と平面検知器12の間に設置する必要がある従来の分散ズーム電子レンズ系に比較して、装置構成の簡素化を図りながらズーム性能を向上することができるものである。従って、本実施例のようなQ1、Q2レンズによる分散ズーム系と偏向板13とを組み合わせると、さらに有利な電子エネルギー損失同時検出器が得られる。

【0017】以下に、米国特許第4743756号明細書に記載されているような従来の分散ズーム電子レンズ系と、図1に示したQ1及びQ2レンズを用いる分散ズーム系について、電子の軌道計算プログラムでシミュレーションして比較した結果を簡単に示す。図4は、両者のズーム効果を比較したものである。図4の横軸QKMは、従来技術ではQ3、本実施例ではQ2レンズの場の定数であり、それぞれの分散のズーム可変の役割をする。平面検知器12上へのフォーカスの役目はそれぞれのQ1レンズが分担するが、その変化はズーム用Qレンズの値に比例した場になる。縦軸Dは速度分散係数を表し、エネルギー分散係数の0.5倍に相当する。この値の変化が大きいほど、分散のズーム効果が高いといえる。

【0018】図中、実線の曲線(a)は本実施例の構成によるシミュレーション結果を示し、破線の曲線(b)は従来の構成によるシミュレーション結果を示す。この図から明らかなように、本実施例の構成による場合、Dは0.22から2.45まで変化し、11.4倍のズーム拡大率が得られている。これに対して同じ規模の配置における従来技術では、Dは3.0から13.0まで変化し、ズーム拡大率は4.3倍に留まる。

【0019】一方、y方向の像幅のズーム拡大による変化を知るために、y方向の収差係数Bの値を図5に示した。横軸は、図4と同じくズーム拡大用磁場4重極レンズの場の定数である。図中、実線(a)は本実施例の構成を採用した場合を示し、破線(b)は従来の構成を採用した場合を示す。図5から明らかなように、本実施例の配置による場合も従来技術の場合とほぼ同じ程度の値( $-1 < B < 1$ )で変化している。ただしこの範囲に留めるにはQ2レンズの位置が微妙に影響するので、電子ビームの進行方向(z)に沿ってQ2レンズの位置を微動調整する機構があると便利がよい。

【0020】ズーム用Q2レンズとフォーカス用Q1レ

ンズの相関を図6に示す。図中、実線(a)は本実施例の場合を、破線(b)は従来の場合を示す。図から分かるように、本実施例は従来技術と同じく比例関係にある。場の強さは従来技術に比べて1/4程度小さい値ですむ。従って、Q2レンズの変化に比例して、自動的にレンズの磁場コイル電流が制御する機構を備えると便利である。

【0021】〔実施例2〕偏向電場の代わりに、偏向磁場を用いた実施例を図7に示す。図7(a)は正面図、図7(b)はP視図である。本実施例では、偏向磁場発生用コイル19を扇形電磁石10の手前に配置し、平面検知器12までの距離を従来よりも長くする。偏向磁場と扇形磁場の磁力線の方向は互いに垂直になるように配置して、電子ビームをy方向に偏向させる。図7には偏向磁場発生用コイルを鉄心入りで図示したが、空心のコイルでも十分である。

【0022】実施例1と同様に、電子エネルギー損失スペクトルを測定する場合で電子ビーム9の強度が強すぎる場合は、平面検知器12に流れる電子電流を検知し、偏向制御系21の指令で偏向磁場用電源20の交流電圧をコイル19に印加し、電子ビーム9をy方向に振って平面検知器12に到達する電子の量を減衰する。図中、18は前述のフォーカス用Q1レンズ、11は分散ズーム用Q2レンズであり、これらと偏向磁場発生用コイル19とを組み合わせると有利である。

【0023】実施例1における偏向電圧についての議論は、偏向磁場を用いる実施例2の場合にも同様に成立する。すなわち磁束密度をBとすると、式(2)の代わりにローレンツ力と遠心力の釣り合いから、

$$m v^2 / R = e v B \quad (5)$$

が成立し、磁場による偏向距離yは

$$y = (e / 2 m U)^{1/2} \times L f B \quad (6)$$

となり、本実施例の配置のようにLを5倍長く取ると、同じ偏向距離yを得るには1/5の偏向磁束密度Bですむ。

【0024】

【発明の効果】以上述べてきた本発明による効果をまとめると、つぎのようになる。

(1) 偏向器の偏向電圧又は偏向磁束密度が小さくできるので、放電やノイズの影響が低減できる。

(2) 扇形磁場の前で偏向するので、電子ビームが拡がっていないから、偏向磁場のギャップと領域を狭くでき、外部への影響を少なくできる。

(3) 平面検知器の前に空間的な余裕ができ、組立てや保守作業が容易になる。

(4) 偏向された電子ビームは平面検知器から遠く離れたy方向スリットで除去されるので、散乱電子による検知器へのノイズを著しく低減できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】本発明の電子エネルギー損失同時検知器にお

7

る偏向電場の配置を示す図。

【図2】従来方式と本発明の偏向電場の位置による比較を示す図。

【図3】偏向電場による電子の偏向距離の説明図。

【図4】分散ズーム効果の比較図。

【図5】y方向収差係数の変動の比較図。

【図6】ズーム用Qレンズとフォーカス用Qレンズの関係を示す図。

【図7】本発明の電子エネルギー損失同時検知器における偏向磁場の配置を示す図。

【図8】従来の電子エネルギー損失同時検知器における

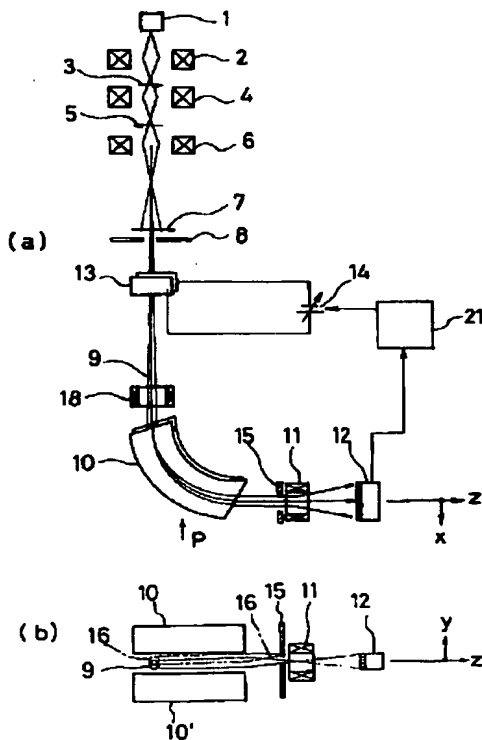
8

減衰器の配置を示す図。

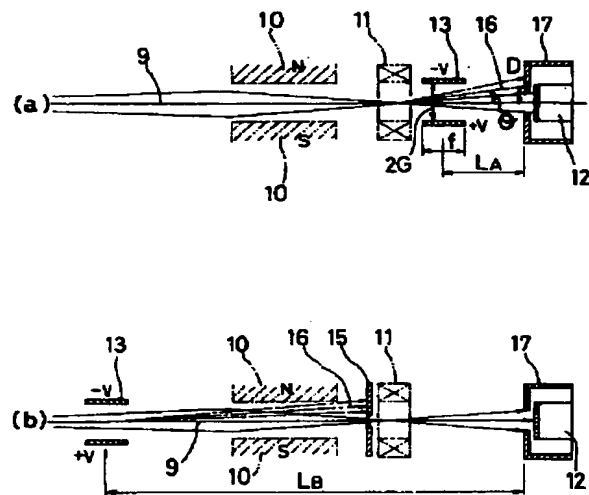
【符号の説明】

1：電子源、2：集束レンズ、3：試料、4：対物レンズ、5：結像、6：結像レンズ、7：蛍光板、8：絞り、9：電子ビーム、10：扇形電磁石、11：分散ズーム用磁場4重極レンズ、12：平面検知器、13：偏向電場、14：偏向電場用電源、15：y方向スリット、16：y偏向電子ビーム、17：平面検知器用遮蔽、18：フォーカス用磁場4重極レンズ、19：偏向磁場発生用コイル、20：偏向磁場用電源、21：偏向制御系

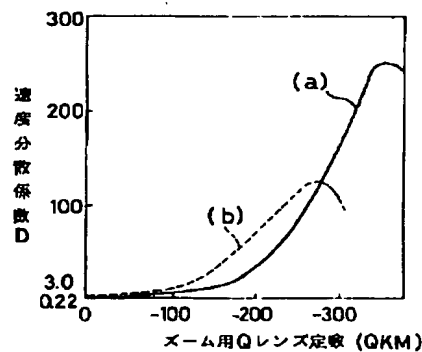
【図1】



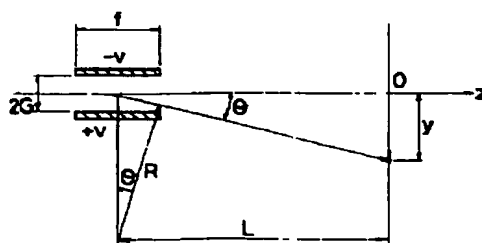
【図2】



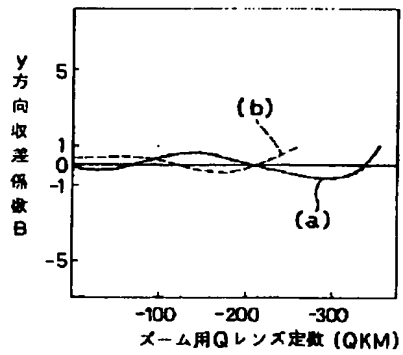
【図4】



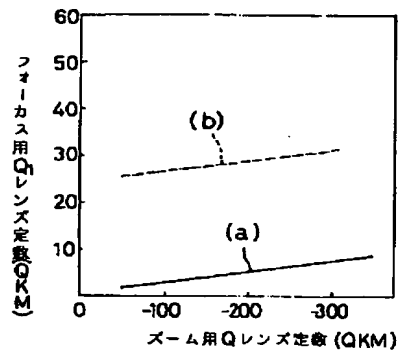
【図3】



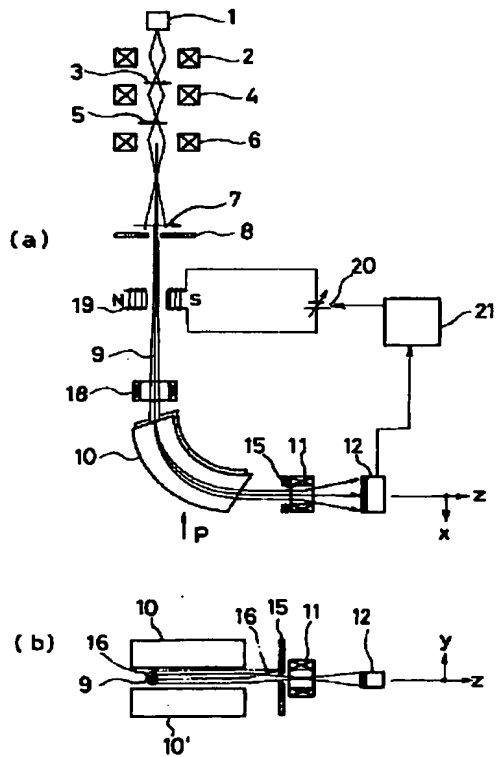
【図5】



【図6】



【図7】



【図8】

